



EESTI MAAÜLIKOOL

Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

**Marta Margaret Kaart**

**VÄNDA TEHISMÄRGALA KAHEPAIKSED**  
**AMPHIBIANS IN THE VÄNDA ARTIFICIAL WETLAND**

Bakalaureusetöö

Keskkonnakaitse õppekava

Juhendajad: kaasprofessor Riinu Rannap, PhD  
professor Tanel Kaart, PhD

Tartu 2021

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Marta Margaret Kaart		Õppekava: Keskkonnakaitse	
Pealkiri: Vända tehismärgala kahepaiksed			
Lehekülgi: 38	Jooniseid: 11	Tabeleid: 1	Lisasid: 1
Osakond:		Põllumajandus- ja keskkonnainstituut	
Uurimisvaldkond:		B280 (Loomaökoloogia)	
Juhendaja(d):		Riinu Rannap, Tanel Kaart	
Kaitsmiskoht ja aasta:		Eesti Maaülikool, 2021	
<p>Eestis on seni vaid üks spetsiaalselt põllumajandusreostuse likvideerimiseks loodud tehismärgala – aastail 2014-2015 rajatud Vända kraavi tehismärgala Tartumaal. Kui hästi saab nimetatud märgala hakkama oma peaeesmärgiga, on uuritud juba üksjagu, aga puudusid uuringud selle mõjust kohalikule elustikule. Käesolev töö uurib kahepaiksete levikut ja sigimist Vända kraavi tehismärgalal. Aastatel 2016-2020 viidi kevadel ja suve alguses läbi kahepaiksete seire, mille käigus registreeriti kahepaikseliikide erinevate arengujärkude esinemine ja arvukus nii kahes tehismärgala tiigis kui ka ülesvoolu asuvas juba varem olemas olnud settetiigis ja lähedases metsatukas asuvas varjulises talutiigis. Kõige rohkem said tehismärgala tiikidest kasu rohu- ja rabakonn. Päriskonnalistest leidis tehistiikides ka harilikku kärnkonna ja tiigikonna, sabakonnalistest tähnikesilikut. Rajatud tiigid sobivad kahepaiksetele elu- ja sigimispaiaks, kuid sobivate tingimuste säilitamiseks tuleb sealt aeg-ajalt eemaldada setteid ja liigselt vohama hakkavat taimestikku. Erinevalt sette- ja talutiigist on tehismärgala tiigid ka kalavabad, mis meeldib just raba- ja rohukonnale.</p>			
Märksõnad: kahepaiksed, tehismärgala			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor thesis	
Author: Marta Margaret Kaart		Specialty: Environmental Protection	
Title: Amphibians in the Vända artificial wetland			
Pages: 38	Figures: 11	Tables: 1	Appendixes: 1
Department:		Institute of Agricultural and Environmental Sciences	
Field of research:		B280 (Animal Ecology)	
Supervisors:		Riinu Rannap, Tanel Kaart	
Place and date:		Estonian University of Life Sciences, 2021	
<p>So far, there is only one artificial wetland created in Estonia specifically for the elimination of agricultural pollution – the artificial wetland of Vända ditch in Tartu County built in 2014-2015. The extent to which this wetland can cope with its main objective has already been studied, but there have been no studies on its effects on local biota. The present study focuses on the distribution and reproduction of amphibians in the artificial wetland of Vända ditch. In 2016-2020, monitoring of amphibians was carried out in spring and early summer, during which the occurrence and abundance of different stages of development of different amphibian species were recorded in two artificial wetland ponds as well as in upstream sediment pond and in the shady farm pond in a nearby woodland. Common and moor frogs benefited the most from the artificial wetland ponds. Of the anurans, there were also common toads and pool frogs in the artificial ponds, and of the caudata, there was a smooth newt. The established ponds are suitable habitats for amphibians to live and reproduce, but in order to maintain suitable conditions, sediments and overgrown vegetation must be removed from time to time. Unlike sediment and farm ponds, artificial wetland ponds are fish-free, which is especially popular with common and moor frogs.</p>			
Keywords: amphibians, constructed wetland			

# SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	5
I TEHISMÄRGALAD – KUS JA MILLEKS? .....	7
1.1. Tehismärgalad maailmas .....	7
1.2. Tehismärgalad Eestis .....	9
1.3. Vända kraavi tehismärgala .....	10
II KAHEPAIKSED EESTIS .....	13
2.1. Pruunid konnad .....	13
2.2. Rohelised konnad.....	15
2.3. Kärnkonnad.....	16
2.4. Vesilikud.....	16
III KAHEPAIKSETE SEIRE VÄNDA KRAAVI TEHISMÄRGALAL .....	18
3.1. Seire metoodika .....	18
3.2. Tulemused.....	21
3.3. Diskussioon.....	26
KOKKUVÕTE .....	30
KASUTATUD KIRJANDUS .....	31
LISAD .....	34
Lisa 1. Arvulised algandmed .....	35

## SISSEJUHATUS

Tehismärgala, nagu nimigi ütleb, on tehislikult loodud märgala, ning seega kuuluvad siia alla pea kõik tehislikult loodud veekogud. Tehismärgalasid on inimesed rajanud juba aastatuhandeid: kaevanud veereservuaare, kuivendus-, niisutus- ja ühenduskanaleid. Seoses keskkonnaprobleemide teadvustamisega on hakatud järjest enam tegelema ka põllumajandusreostuse piiramisega ning selle tarbeks erinevate settetiikide jm reostunud vee filtreerimiseks mõeldud märgalade loomisega. Kuna looduslikud märgalad on sigimis-, toitumis- ja elupaikadeks väga paljudele liikidele, on loomulik eeldada, et paljud neist liikidest suudavad kasu lõigata ka tehislikest märgaladest.

Uuringuid nii looduslike kui ka tehislike märgalade omadustest, mis kas soodustavad või vastupidi, pärsivad erinevate liikide, sh kahepaiksete, toimetamist, on viimastel aastakümnetel läbi viidud üksjagu, sh ka Eestis. Siiski on vähe teada sellest, kas ja kuivõrd sobivad on erinevate liikide elukeskkonnana põllumajandusreostuse piiramiseks loodud tehislikud märgalad. Eestis puudusid vastavad uuringud hoopis. Käesolev töö püüab seda lünka osaliselt täita, keskendudes kahepaiksete leviku ja sigimise uurimisele Eesti seni ainukese puhtalt põllumajandusreostuse piiramiseks aastail 2014-2015 rajatud Vända kraavi tehismärgalal. Töö raames viidi viiel tehismärgala valmimise järgse aasta (so 2016-2020) kevadel ja suve algul läbi kahepaiksete seire, mille käigus registreeriti kahepaikseliikide erinevate arengujärgkude esinemine ja arvukus nii Vända kraavi tehismärgala kahes tiigis kui ka tehismärgala tiikidele eelnevas suuremas settetiigis ja naabruses metsatukas asuvas nõ talutiigis. Uuringu esimese nelja aasta tulemuste baasil valmis ja publitseeriti koostöös juhendajate ja Vända kraavi tehismärgala loomise taga seisvate Tartu Ülikooli ökoloogia ja maateaduste instituudi teadlastega teadusartikkel.

Käesolev bakalaureusetöö koosneb kolmest osast. Esimeses osas antakse kirjanduse alusel ülevaade tehismärgaladest ning nende sobivusest erinevate liikide elukeskkonnana maailmas ja Eestis ning kirjeldatakse täpsemalt Vända kraavi tehismärgala. Töö teises osas esitatakse lühiülevaade Eesti kahepaiksetest ning nende elu- ja sigimispaikade eelistustest. Töö kolmandas osas kirjeldatakse töö autori poolt läbi viidud kahepaiksete seiret Vända kraavi

tehismärgalal aastatel 2016-2020, esitatakse seire tulemused ning diskuteeritakse uuritud tehismärgala sobivuse üle kahepaiksete sigimis- ja elukeskkonnana. Töö lisana esitatakse algandmete tabelid.

Tänuavaldus. Lisaks juhendajatele tänan töö valmimisel veekeemia ja taimestiku taustaandmetega aidanud Keit Killi ja Kuno Kasakut Tartu Ülikooli ökoloogia ja maateaduste instituudist ning kahepaiksete seiret aastal 2017 läbi viia aidanud Lauri Loppi.

# I TEHISMÄRGALAD – KUS JA MILLEKS?

## 1.1. Tehismärgalad maailmas

Märgalad on ökoloogiliselt väga mitmekesised keskkonnad (Mistch jt 2005), samas on looduslikest märgaladest maailmas viimase sajandi jooksul kadunud kuni 50% (Myers 1997). Et muutusi kompenseerida, on uute tehislike märgalade rajamisel hakatud järjest enam arvestama nende ökoloogilise mõjuga (Vymazal 2010). Näiteks tehisliku märgalana rajatud kariloomade jootmistiik võib olla nii kahepaiksetele sigimispaiaks (Knutson jt 2004) kui ka pakkuda puhke- ja toitumispaiaks rändlindudele (Schaffer jt 2006, Shuford jt 1998). Lisaks on hakatud rajama tehislikke märgalasid spetsiaalse eesmärgiga pakkuda elupaiku lindudele, vee-suurselgrootutele ja kahepaiksetele. Viimaste puhul on aga oluline mõista, millised peavad olema loodava tehismärgala omadused nende ökoloogilise eesmärgi täitmise seisukohast.

Ameerika Ühendriikides (Drayer jt 2016) võrreldi erinevaid looduslikke ja inimese poolt loodud tiike kui kahepaiksete elupaiku. Kõik tiigid olid hüdrooloogiliselt isoleeritud ja kaladeta, veeringe oli lühiajaline või puudus hoopis. Veesügavus ja pH olid madalamad looduslikel märgaladel, samuti oli seal vähem taimestikku. Kuueteistkümnest võimalikust kahepaikseliigist olid vaadeldud märgaladel esindatud 14, kusjuures looduslikel ning madalaveelistel tehislikel aladel esines 13 ja sügavaveelistel tehislikel aladel üheksa erinevat liiki. Uuringust selgus, et kahepaiksete tarvis rajatavate tehismärgalade puhul on oluline jälgida nende sarnasust looduslike märgaladega.

Tehismärgalad kui veepuhastussüsteemid on maailmas üsna laialt levinud. Aastal 2018 Tartu Ülikoolis kaitstud doktoritöös (Oopkaup 2018) uuriti Ameerika Ühendriikides kahte äsja rajatud hübriidset tehismärgala ja ühte üle 15 aasta käigus olnud jõevett puhastavat vabaveelist tehismärgalade kompleksi, et välja selgitada, kui efektiivsed on sellised märgalad vee puhastamisel ja kuidas need täpsemalt toimivad. Jõuti järeldusele, et vee puhastamise jaoks kõige olulisemaks teguriks on aktiivsed mikroobikooslused, mis aga vajavad õiget pinnast, taimestikku ja veerežiimi selleks, et kõige optimaalsemalt toimida.

Seejuures oli veerežiimil väga oluline mõju setetes ja mullas elavate mikroobide mitmekesisusele, samuti olid erinevad pidevalt üleujutatud ja ajutiselt vee all olevate alade bakterikooslused. Ajutiselt üleujutatud alade kooslused olid mitmekesisemad ning ei tekkinud domineerivaid liike, jaotus oli ühtlasem.

Hiina teadlased (Li jt 2021) kõrvutasid oma uuringus paljusid erinevaid artikleid, et saada ülevaade, kuidas mõjutavad tehislikud märgalad seal elavaid organisme ning kuidas aitavad loomad kaasa vee puhastamisele. Seejuures uuriti ka seda, milliseid loomi Hiina märgaladel leidub. Tulemusena saadi, et enim on kalu (39,1%), järgnesid selgrootud (36,9%), roomajad (11,7%), linnud (10,6%), imetajad (1,2%) ja kahepaiksed (0,5%). Uuringus kahepaikseid eraldi ei käsitleta, vaid räägitakse neist üldisemalt koos teiste loomadega. Võrreldes tehismärgalasid looduslikega leiti, et kuigi tehismärgalade peamine funktsioon on puhastada vett, on need samas ka keerukad ökosüsteemid, mis pakuvad elupaika paljudele veeloomadele. Siiski järeldati, et kuna looduslike märgalade geograafilisi tingimusi ja hüdroloogilisi omadusi, mis on vajalikud nende põhifunktsiooni säilitamiseks, ei saa tehismärgaladel piisavalt täpselt korrata, ei soodusta tehismärgalad enamiku organismide pikaajalist ellujäämist ning parim viis kaitsta veeloomi on kaitsta looduslikke märgalasid.

Hispaania põhjaosas viidi 2009. aastal läbi uuring (Canals jt 2011), kus jälgiti kariloomade joogitiikide sobilikkust kahepaiksetele kahel perioodil aastas: kevadel ja suvel. Vaatluse all oli seitse tiiki, millest kuue puhul oli loomade ligipääs osaliselt piiratud, aga üks tiikidest oli piiramata ja seega kariloomadele aastaringselt kättesaadav joogikoht. Kahepaikseid leidis kõigis tiikides, kusjuures üks kõige liigirikkamaid veekogusid mõlemal vaadeldud ajaperioodil oli piiramata tiik. Samas olid selle veekogu veekvaliteedinäitajad suveperioodil kõige kehvemad – vesi oli normist kõrgema hädususega, suure elektrijuhtivusega ning kõrge oksüdatsioonistmega. Kahepaiksete suurt liigirikkust antud tiigis seletati sellega, et kahepaiksete kõige riskantsemad eluetapid olid suveperioodiks, mil veekvaliteet halvenes, läbi, või siis oli vees sisalduva lämmastiku osakaal siiski allpool tiigis leiduvate kahepaikseliikide taluvusastet.



## 1.2. Tehismärgalad Eestis

Märgade alade kuivendamiseks uute ja/või paremate metsa- ja põllumaade saamise eesmärgil on eestlased kraave kaevanud aastasadu. A. H. Tammsaare „Tõe ja õiguse“ esimese köite najal on sellest kujunenud lausa eestlaste töökuse narratiiv. Kuivenduskraave kaevatakse tänapäevalgi, samas on käimas ka vastupidine protsess – vanade kuivenduskraavide sulgemine ning seeläbi märgade alade taastamine (Saar 2018). Viimase põhjuseks on alles viimastel aastakümnetel laiemalt teadvustatud probleem, et koos märgade alade ja sobivate veekogude kadumisega kaovad ka neist sõltuvad elusorganismid.

Varasematel aastatel on Eestis loodud spetsiaalseid uusi veekogusid kahepaiksetele elu- ja sigimispaikadeks ning samuti on taastatud looduslikke veekogusid, mis on kahepaiksetele kasutuskõlbmatuks muutunud. Aastatel 2004-2014 loodi või taastati ühtekokku 400 kahepaiksetele sobilikku veekogu (Magnus, Rannap 2019). Tiikides paljunevate kahepaiksete arvukuse suurendamine on edukaim siis, kui veekogude rajamisel võetakse arvesse sihtliikide elupaikade vajadusi ja populatsioonide ökoloogilist ühenduvust (Rannap 2009).

Aastatel 2009-2010 viidi Eestis läbi uuring saamaks teada, kas ja kuidas sobivad metsakuivenduskraavid kahepaiksetele elu- ja sigimispaikadeks. Vaadeldi kuivenduskraavide võrgustikuga ja loodusliku veerežiimiga alasid. Avastati, et uuritud kahepaiksetest eelistasid rohu- ja rabakonn sigida looduslikes lompides, mitte aga kraavides, mida kuivendatud aladel leidis lompidega võrreldes oluliselt arvukamalt. Samas kuivasid väikeveekogud kuivendatud aladel enne kulleste moonet – kujunedes nii kahepaiksetele ökoloogilisteks lõksudeks. Sellist ärakuivamist ei täheldatud looduslikel, kuivendamata aladel. (Suislepp jt 2011)

Riigimetsa Majandamise Keskus koostöös Tartu Ülikooli looduskaitsebioloogidega teostas 2012. aastal projekti, mis keskendus metsakraavide rekonstrueerimise käigus kuivendatud metsaaladele leevendusveekogude rajamisele. Lisaks eraldiseisvatele leevendusveekogudele loodi ka nelja erinevat tüüpi kraavilaiendeid, kust kõigist leiti pruunide konnade või tähnikvesiliku noorjärke. Kahepaiksete sigimine ei õnnestunud kõigis rajatud leevendusveekogudes, kuid need toetavad siiski edukat reproduktsiooni. (Soomets jt 2019)

Samuti nähakse Eestis tänapäeval vaeva looduslike soolade taastamisega. Võrreldes mitmete teiste Euroopa riikidega on Eesti eelisseisus, sest meil on veel võimalik

tulemuslikult soid taastada (Saar 2018). Ökosüsteemide taastamisel tuleb aga silmas pidada, kuidas mõjutab see erinevaid liike, kes nendel aladel elavad – sh kahepaikseid –, nii enne kui ka pärast taastamistöid (Remm jt 2019). Näiteks ei ole kuivenduskraavid kahepaiksete jaoks sobivad elu- ja sigimispaid juba seepärast, et tänu kuivendamisele ja suuremale puukasvule ei saa veekogud piisavalt päikest (Remm jt 2018).

### **1.3. Vända kraavi tehismärgala**

Põllumajanduse tõttu satub vette mitmeid reostusaineid, millest vabanemiseks on üks võimalus suunata vesi läbi spetsiaalselt loodud tehismärgala. Viimane vähendab ka vooluga edasi kanduvate toitainete hulka, mis põhjustavad veekogude kinnikasvamist (Eestimaa Looduse Fond 2021). Näiteks vohavad eutrofeerumist põhjustavad vetikad peamiselt veekogu valgusküllastes pinnakihtides ning takistavad valguse pääsemist sügavamale. Samuti tarbivad needsamad vetikad öösel rohkesti hapnikku, mis jätab muu vee-elustiku hapnikunälga (Kasak 2017). Tehismärgala mõte on see, et vees oleva fosfori hulk väheneb tänu settimisele, filtreerumisele ja taimsele tarbimisele (Kasak jt 2018). Taimed seovad ka lämmastikku, mistõttu on oluline tehismärgalale sisse tuua veetaimi. Vee puhastamise seisuhohast on oluline roll mikroobidel ja nende mitmekesisusel – vees lahustunud lämmastik muudetakse kas naerugaasiks või gaasiliseks molekulaarseks lämmastikuks (Eestimaa Looduse Fond 2021).

Vee puhastamiseks põllumajandusreostusest on Eestis seni loodud vaid üks tehismärgala – Eestimaa Looduse Fondi ja Maailma Looduse Fondi eestvõttel rajatud Vända kraavi tehismärgala Uhtis Tartumaal (joonis 1A). Tehismärga loomine sai alguse 2014. aasta sügisel, kui saavutati kokkulepe maaomanikega ning hakati alal vajalikke uuringuid läbi viima. Selgus, et maa-ala oli kaetud paksu orgaanikarikka settekihiga, mis vaheldus liivakihtidega. Nende alt leiti savikihid, tänu millele ei kuiva veekogu suvel madalvee perioodil ära. Ala puhastati võsast ning pealmine orgaanikarikas pinnas eemaldati kopaga, kaldad kindlustati geoteksiili ja kividega. Peale süvendite ja kallaste valmimist istutati esimesse tehismärgala tiiki veetaimed. Pilliroog ja hundinui leiaksid küll ka ise lõpuks tee loodud tehismärgalale, kuid sellisel viisil võib see võtta aastaid. Protsessi kiirendamiseks

otsustaigi taimed ise kohale tuua. Loodud tehismärgala koosneb kolmest veekogust – sügavamast settetiigist ja kahest madalast soppidega tiigist, lisaks paikneb tehismärgala tiikide lähedal metsatukas vana läbivooluta talutiik, mis tehismärgala vee puhastamise seisukohast tähtsust ei oma, aga mida seirati täiendavalt käesoleva bakalaureusetöö raames (joonis 1B). (Eestimaa Looduse Fond 2021)



**Joonis 1.** (A) Vanda kraavi tehismärgala asukoht Tartumaal Uhti külas (aluskaart: *Google Maps*, <https://www.google.com/maps/>). (B) Vanda kraavi tehismärgala tiikide ning sette- ja talutiigi paiknemine maastikul. Alusfoto: Maa-amet, Maainfo kaardirakendus, <https://xgis.maaamet.ee/maps>.

Ajavahemikus märts 2017 kuni september 2019 viidi Vända kraavi tehismärgalal läbi uuring, mille käigus võeti proove kraavidest, mis asusid tehismärgala tiikidest üles- ja allavoolu (Rannap jt 2020). Uuriti vee keemilist koostist, et saada teada, kas ja kui tõhusalt loodud tehismärgala toimib. Leiti, et kuigi suvel toimis märgala edukalt, fosfaadi eraldus oli kuni 41,8%, siis aastane keskmine jäi siiski madalaks, vaid 14,4%. Järeldati, et mida lühem on vee teekond läbi settetiigi, seda madalam on fosfori eraldumine veest (Kasak jt 2018). Orgaanilise süsiniku eraldumine oli 3300 kg hektari kohta aastas, samas suurenes üllatuslikult lämmastiku osakaal vees, küündides kuni 1375 kg hektari kohta aastas. Sellised tulemused näitavad, et põhjapoolsetes riikides on avaveeliste tehismärgalade kohanemisperiood pikk ning kõigest paari aastaga ei ole võimalik näha soovitud tulemusi (Kasak jt 2018).

Seda, kas ja kuivõrd sobiv on Vända kraavi tehismärgala kahepaiksete sigimis- ja elukeskkonnana, uuriti käesoleva töö raames ning tulemused on publitseeritud teadusartiklis (Rannap jt 2020) ja esitatud aasta jagu pikema ajaperioodi kohta käesoleva töö 3. peatükis.

## II KAHEPAIKSED EESTIS

Eestis elab 11 liiki kahepaikseid. Sabakonnaliste (Caudata) seltsi kuuluvad tähnikvesilik (*Lissotriton vulgaris*) ja harivesilik (*Triturus cristatus*) ning päriskonnaliste (Anura) seltsi harilik kärnkonn (*Bufo bufo*), kõre ehk jutttselg kärnkonn (*Epidalea calamita*), rohe-kärnkonn (*Bufo viridis*), rohukonn (*Rana temporaria*), rabakonn (*R. arvalis*), tiigikonn (*Pelophylax lessonae*), veekonn (*P. kl. esculentis*), järvekonn (*P. ridibundus*) ja mudakonn (*Pelobates fuscus*). Rohe-kärnkonn on 2018. aasta Punase Raamatu andmetel Eestis välja surnud, kõre on levinud peamiselt Lääne-Eestis, järvekonn Narva ümbruses, ja kuigi mudakonna leidub Lõuna- ja Kagu-Eestis, siis uuritud tehismärgalal seda liiki ei kohatud, mistõttu neid liike käesolevas töös ei käsitleta. Eestis on kõik kahepaikseliigid kaitse all, kõre ja rohe-kärnkonn kuuluvad I kaitsekategooriasse, mudakonn ja harivesilik II kaitsekategooriasse ja kõik ülejäänud liigid III kaitsekategooriasse.

Alljärgnev peatükk baseerub suuresti kirjanduseallikal Adrados jt (2010). Lisaks on kasutatud paari artiklit ja internetilehekülge.

### 2.1. Pruunid konnad

Eestis elab kahte liiki pruune konni: rohukonn ja rabakonn. Mõlemad liigid on levinud kogu Eestis. Täiskasvanuid isendeid võib soojade ilmadega kohata juba märtsi lõpus, enamasti aga aprillis ja mai alguses, mil toimub kudumine. Rabakonn on rohukonnast valivam, eelistades ajutise iseloomuga looduslikke veekogusid, rohukonn sigib eriilmelisemates veekogudes (Magnus, Rannap 2019). Rohu- ja rabakonna hääletsused on teistest kahepaikseliikidest selgelt erinevad, kuid vaiksed. Sigimisperioodil kasvavad nende esimestele varvastele tumedad tüükad, kuid erinevalt rohukonnast muutub isaste rabakonnade nahk sel ajal sinakaks (Eesti selgroogsed 2021), mõlemate pruunide konnade

täiskasvanud isendeid on lihtsaim märgata madalas vees, sageli veetaimede vahel. Lisaks tegutsevad nad valdavalt päevasel ajal.

Kulleseid võib väikeveekogudes näha alates aprillist kuni juuni lõpuni. Erandjuhtudel (väga varjuliste veekogude puhul) võivad moonde läbinud noorloomad veekogudest lahkuda ka alles augustis. Sigimisperioodi algus on rohukonnal natuke varasem kui rabakonnal. Nii täiskasvanud loomad, kulleled kui ka kudu on mõlemal liigil üsna sarnased, siiski on neid välitingimustes võimalik liigi täpsuseni määrata.

Täiskasvanud isendite eristamisel on kõige kergem tugineda looma kurgualuse- ja kõhumustrile. Rohukonnal on need alati tumeda marmorja mustriga, kuid rabakonnal on kõht ja kurgualune ühtlaselt hele. Harvadel juhtudel võib ka rabakonna rindmik ja kurgualune olla kirju. Teine võimalus kahe liigi eristamiseks on pöörata tähelepanu tagumiste jalgade põiakõbrukestele. Rabakonnal on need kõrgemad kui sisemise varba alumine lüli ning katsudes kõvad, rohukonnal aga madalamad ja pehmed.

Kudupallide eristamine on oluliselt raskem. Mõlema liigi kudupallid on sarnase struktuuriga, kuid rabakonna munakestad on läbipaistvad ning rohukonnal piimjad. Rabakonna kudu on ka tihkem – seda kätte võttes ei valgu see kergelt läbi sõrmede –, rohukonna kudu on vedelama olekuga. Rabakonna kudupallid on eraldipüsivamad ning jäävad kuni koorumiseni pigem vee alla. Rohukonna kudu tõuseb pinnale ja moodustab koos teiste kudupallidega ühtlase vaiba. Mõlemad konnad koevad madalasse vette veetaimede vahele.

Kulleste määramisel on kõige kindlam viis lugeda kokku suu all asuvad sarvhammaste read, mida on rabakonnal kolm ja rohukonnal neli. Suu kohal on rabakonnadel kaks või kolm hambarida ning rohukonnal kolm või neli, seega ei saa ainult viimaseid vaadates kindel olla, kumma liigiga on tegu. Rohukonna kulleste sabaots on üldjuhul ümar, harvadel kordadel terav, aga rabakonna kulleste sabaots on peaaegu alati terav.

## 2.2. Rohelised konnad

Teadaolevalt on Eestis kohatud kolme tüüpi rohelisi konni: tiigikonn, veekonn ja järvekonn. Järvekonn on Eestis võõrliik.

Tiigikonna ja veekonna sigimisperiood kestab maist juunini ning noorloomad lahkuvad veest augustis ja septembris, harvadel juhtudel ka oktoobri alguses. Kogu selle aja jooksul on veekogudes võimalik kohata ka täiskasvanud isendeid, kes lahkuvad veekogudest septembri jooksul. Roheliste konnade erinevaid liike on kõikides nende arengustaadiumites üksteisest väga raske eristada. Küll aga eristuvad roheliste konnade täiskasvanud isendid teistest kahepaiksetest oma silmatorkava rohelise värvusega ja iseloomuliku häälitsuse poolest. Tiigikonna isendid kaevavad endale talvitumiseks kalda pehmesse pinnasesse uru, kuid veekonnad eelistavad veekogu põhjamuda (Eesti selgroogsed 2021).

Tiigi- ja veekonna eristamiseks on kõige kindlam meetod DNA analüüs. Seda eriti kudu ja kulleste puhul, sest välisel vaatlusel näevad kõigi kolme liigi järglased liiga sarnased välja. Täiskasvanud isendite määramisel saab nähtavatele tunnustele rohkem toetuda. Nii on tiigikonnad värvuselt kõige rohelisemad, kuid mõnikord võivad nad olla ka kergelt pruunikad. Seljal on tumedamad täpid – isastel pruunid ja emastel mustad. Piki selga jookseb hele triip, mis on iseloomulik vaid tiigikonnale. Tagareied on kollased või oranžid ning kaetud tumeda marmorja mustriga. Kõht on üldjuhul valge ja helehallide täppidega. Tagajala põiakõbruke on tiigikonnal veekonnaga võrreldes suurem ja korrapärase trapetsi kujuline. Veekonn on samuti roheline, kuid värvus on enamasti tiigikonnast tumedam, harva pruunikas. Reie tagaküljed on samasugused nagu tiigikonnal, aga kõht on tumedamate täppidega.

Kudu paigutavad rohelised konnad veealuste taimede ümber ning igas kudupallis võib olla 10-1000 muna. Iga muna läbimõõt on kuni kümme millimeetrit. Värvus on varieeruv – pealtpoolt tume ning alt valkjas. Kudu arenedes muutub embrüo J-tähe kujuliseks. Roheliste konnade kudu pole võimalik eristada.

Koorunud kulleseid eristavad teiste kahepaiksete järelkasvust kollased rõngad silmade ümber. Täpsemalt pole selles staadiumis kulleste liiki võimalik siiski ilma DNA analüüsita määrata.

### **2.3. Kärnkonnad**

Eestis on kohatud kolme liiki kärnkonna: harilik kärnkonn, kõre ehk juttself kärnkonn ja rohe-kärnkonn.

Kärnkonnad on ainukesed kahepaiksed Eestis, kellel on mürginäärmed. Need avalduvad naha pinnast kõrgemate kaartena seljal silmade taga. Harilik kärnkonn on puuni värvi, harva kollakas, punakas või hallikas ning väga krobeline nahaga. Kõhualune on hele ning seda katab tume marmorjas muster. Ta on Euroopa suurim kärnkonn, kes võib kasvada kuni 15-sentimeetri pikkuseks; emased on kogukamad kui isased. Silmad on punakat või oranži värvi ja pupill on horisontaalne. Harilik kärnkonn koeb enamasti aprillis väga eritüübilistesse veekogudesse ning tema sigimisperiood on umbes ühe kuu pikkune. Kudu koetakse nõõri, milles võib olla 3000-8000 muna. Kudu paigutatakse veetaimede vahele päikesepaistelisse kohta, kus koorumiseni jääb kaks kuni kolm nädalat. Täiskasvanud isendid lahkuvad veekogudest vahetult pärast kudemise lõppu, moonde läbinud noorloomad aga enamasti juuni keskpaigas.

Hariliku kärnkonna kullased on üleni mustad, ilma heleda laiguta. Suu laius on võrdne silmade vahelise laiusega.

### **2.4. Vesilikud**

Tähnikesilik ja harivesilik kuuluvad sabakonnaliste hulka ning erinevalt päriskonnalistest nad ei häälitse.

Tähnikesilikul on varajasem sigimisperioodi algus kui harivesilikul: aprilli algusest kuni mai lõpuni. Harivesilikul aprilli lõpust kuni juulini. Tähnikesiliku täiskasvanud isendeid võib veekogudest leida juunis ja juulis, erandjuhtudel ka augusti alguses, harivesilikku aga



juulist septembri alguseni. Tähnikesiliku moonde läbinud isendid lahkuvad veest juuli lõpust kuni septemberini, harivesilikul augustist kuni oktoobrini.

Harivesilik on suurem kui tähnikesilik, kasvades kuni 15 cm pikkuseks. Harivesiliku nahk on krobeline. Kõht on kollane või oranž suurte mustade laikudega, kuid kurgualune on kõhust erinevat tooni, keha külgedel on valged täpid ja saba alaosas sinakashall pikitriip. Sigimisajal areneb isasloomade seljale ja sabale sakilise servaga hari, mis algab pea pealt, katkeb saba alguses ning jätkub seejärel piki saba.

Tähnikesilik on väiksem, kuni 11 cm pikkune, ning sileda nahaga. Pealael on kolm pikivagu ning üle silmade jookseb tumedam vööt. Isaslooma nahk on aastaringselt kaetud täppidega, mis asuvad korrapärasemalt kõhul. Selg on helepruun või kollakas. Sigimisajal areneb ka tähnikesiliku isasloomade seljale ja sabale katkematu sakilise servaga hari, mis on samuti täppidega kaetud; mööda saba külge jookseb sinine triip.

Mõlema vesiliku emasloomad võldivad oma munad ühekaupa veetaimede lehtede sisse. Harivesiliku muna on suurem, ovaalne ja heleda tooniga, tähnikesilikul ümar ja enamasti hallikas või pruunikas. Emale harivesilik muneb 200-400 muna, tähnikesilik aga 200-300 muna. Lisaks täiskasvanud isenditele ja munadele saab kaht vesilikuliiki eristada ka nende vastsete järgi.

Harivesiliku vastse uimekurd on kõrge, algab seljalt ning lõppeb sujuvalt teravnedes saba lõpus niitja jätkega. Uimekurd on hele, kuid keskel jookseb tume pikitriip, ning kurd on kaetud tumedate tähnidega. Jalad ja varbad on haprad. Vastsed elavad peamiselt veekogu pindmistes kihtides ning avatud osades. Tähnikesiliku vastsete uimekurd on pruunikas, madal, kaetud korrapäraselt tähnidega ning lõpeb saba otsas ümaralt. Puudub ka tume pikitriip, varbad on tõntsid ja jalad lühemad. Vastsed otsivad varju veetaimede vahel ja kaldaalas.

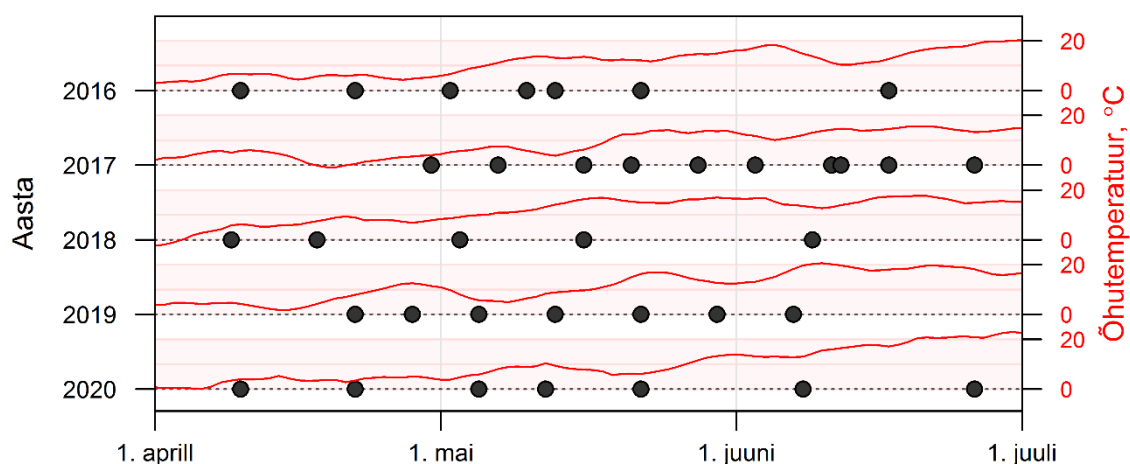
### **III KAHEPAIKSETE SEIRE VÄNDA KRAAVI TEHISMÄRGALAL**

#### **3.1. Seire metoodika**

Kahepaiksete seire, uurimaks põllumajandusreostuse vähendamiseks loodud tehismärgala sobivust kahepaiksete elu- ja sigivusalana, viidi läbi Tartumaal Uhti külas Vända kraavi tehismärgalal (täpsemalt selle tehismärgala kohta vt peatükki 1.3). Seirega alustati tehismärgala valmimisele järgneval, 2016. aasta kevadel, ning kokku toimus aastatel 2016-2020 36 kahepaiksete seirekäiku, igal aastal 5-10. Esimene seirekäik viidi igal aastal läbi siis, kui ilmaolud olid soodsad esimeste kahepaiksete potentsiaalseks aktiveerumiseks (joonis 2), ning viimane seirekäik toimus sigimisperioodi lõpul (pärast vastsete moonet). Seirekäikude kuupäevad olid aastate lõikes järgmised:

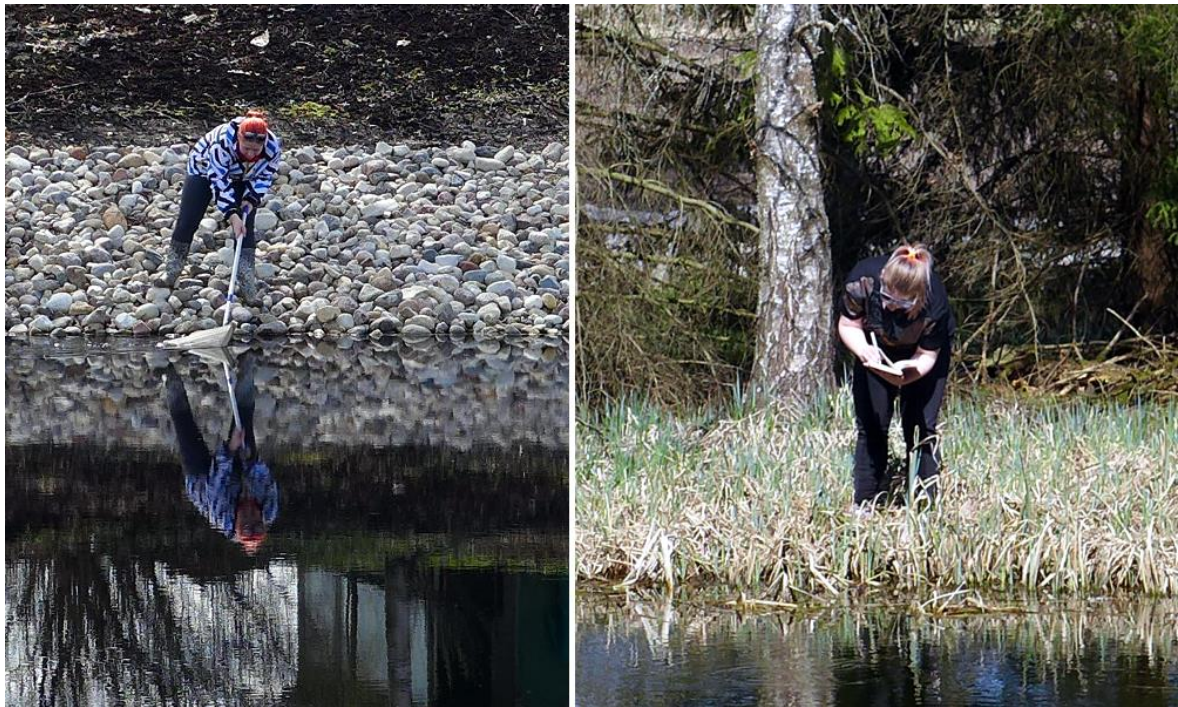
- 2016 – 9. ja 21. aprill, 1., 9., 12. ja 21. mai ning 16. juuni;
- 2017 – 30. aprill, 7., 16., 21. ja 28. mai; 3., 11., 12., 17. ja 26. juuni;
- 2018 – 9. ja 18. aprill, 3. ja 16. mai ning 9. juuni;
- 2019 – 21. ja 27. aprill, 5., 13., 22. ja 30. mai ning 7. juuni;
- 2020 – 8. ja 20. aprill, 3., 10. ja 20. mai ning 6. ja 24. juuni.

Vaatluse all oli kaks tehismärgala tiiki (edaspidi tiik 1 ja tiik 2) ja kaks kontrolltiiki – sette- ja talutiik. Settetiik asus tehismärgala tiikidest üles- ja talutiik allavoolu, seejuures oli talutiik läbivooluta, st et erinevalt teistest vaatluse all olnud tiikidest Vända oja seda ei läbinud (vt joonis 1 peatükis 1.3). Kontrolltiikide olemasolu oli oluline selgitamiseks välja, milliseid kahepaiksete liike piirkonnas leidub, ning võrdlemaks tehismärgala tiike tavaliste Eesti põllumajandusmaastikus leiduvate tiikidega.



**Joonis 2.** Seirepäevad (mustad punktid) ja viimase seitsme ööpäeva keskmine õhutemperatuur Reola hüdroloogiajaamas (1,5 km kaugusel uurimisalast, punased jooned; õhutemperatuuri andmed Keskkonnaagentuuri Riigi Ilmateenistusest).

Seire toimus transektloenduse meetodil. Külastusi alustati allavoolu jäävast talutiigist ning liiguti seejärel ülesvoolu mööda kaldaid edasi. Igal aastal seireperioodi alguses toimusid vaatlused kudu leidmiseks. Leitud kudu määrati liigini ning pandi kirja kudupallide või -nööride arv. Vesiliku munade leidmiseks uuriti veesisest taimestikku. Kui mõni leht oli kokku murtud, siis kontrolliti, kas selle vahele oli paigutatud muna. Kulleste koorudes kahvati igas veekogus sobivates soppides 15 minutit ning loendati kättesaadud kulleled ja määrati nende liik (joonis 3). Seejärel lasti kulleled vette tagasi. Samuti loendati ja määrati kõigil seirekäikudel kõik nähtud täiskasvanud ja noorloomad. Iga seirekäigu andmed pandi kirja tiikide kaupa. Juhul, kui isendeid (näiteks kulleseid) oli nende ükshaaval lugemiseks liiga palju, pandi kirja hinnanguline väärtus – näiteks >100. Taustainfona registreeriti kohapeal tehtud vaatluste, kahvamise ja kohalike inimeste räägitu alusel kalade esinemine tiikides.



**Joonis 3.** Töö autor kahvamas tehismärgala teises tiigis 1. mail 2016 ja andmeid üles tähendamas talutiigi ääres 27. aprillil 2019 (Tanel Kaarti fotod).

Kuna leitud kudu, kulleste, noorloomade ja täiskasvanute arv sõltus vaatlushetkel valitsenud ilmaoludest ja ka lihtsalt juhusest, olid ka ajaliselt lähestikku toimunud vaatlustulemused küllaltki erinevad. Et uuringu eesmärgiks oli tuvastada kahepaiksete esinemine ja sigimine Vända kraavi tehismärgala tiikides ja kontrolltiikides, mitte uurida erinevate arengujärgude aastasisest arvukuse dünaamikat (selleks oli vaatlusi liiga vähe), sisestati kohapeal tehtud märkmetest arvutisse üksnes iga liigi iga arengujärgu maksimaalne arvukus aasta ja tiigi kohta (need andmed on esitatud lisas 1). Tulemuste selgemaks esitamiseks jagati arvukused nelja klassi järgmise eeskirja kohaselt:

- kudupallid või -nöörid, tähnikesilikul üksikud munad  $\geq 10$ ,  $\geq 3$ ,  $> 0$  ja 0,
- kulesed/vastsed  $\geq 100$ ,  $\geq 10$ ,  $> 0$  ja 0,
- noorloomad  $\geq 50$ ,  $\geq 10$ ,  $> 0$  ja 0,
- vanaloomad  $\geq 10$ ,  $\geq 3$ ,  $> 0$  ja 0.

Juhul, kui tiigis leidis kulleseid, kuid kudu ei olnud eelnevate käikude ajal registreeritud, loeti kudumine selles tiigis siiski toimunuks (välja arvatud hariliku kärnkonna puhul

tehismärgala 1. tiigis 2017. aastal, kuhu kulleseid kandusid ilmselt settetiigist tugeva äikesetormi ja sellega kaasnenud veevoolu tagajärjel).

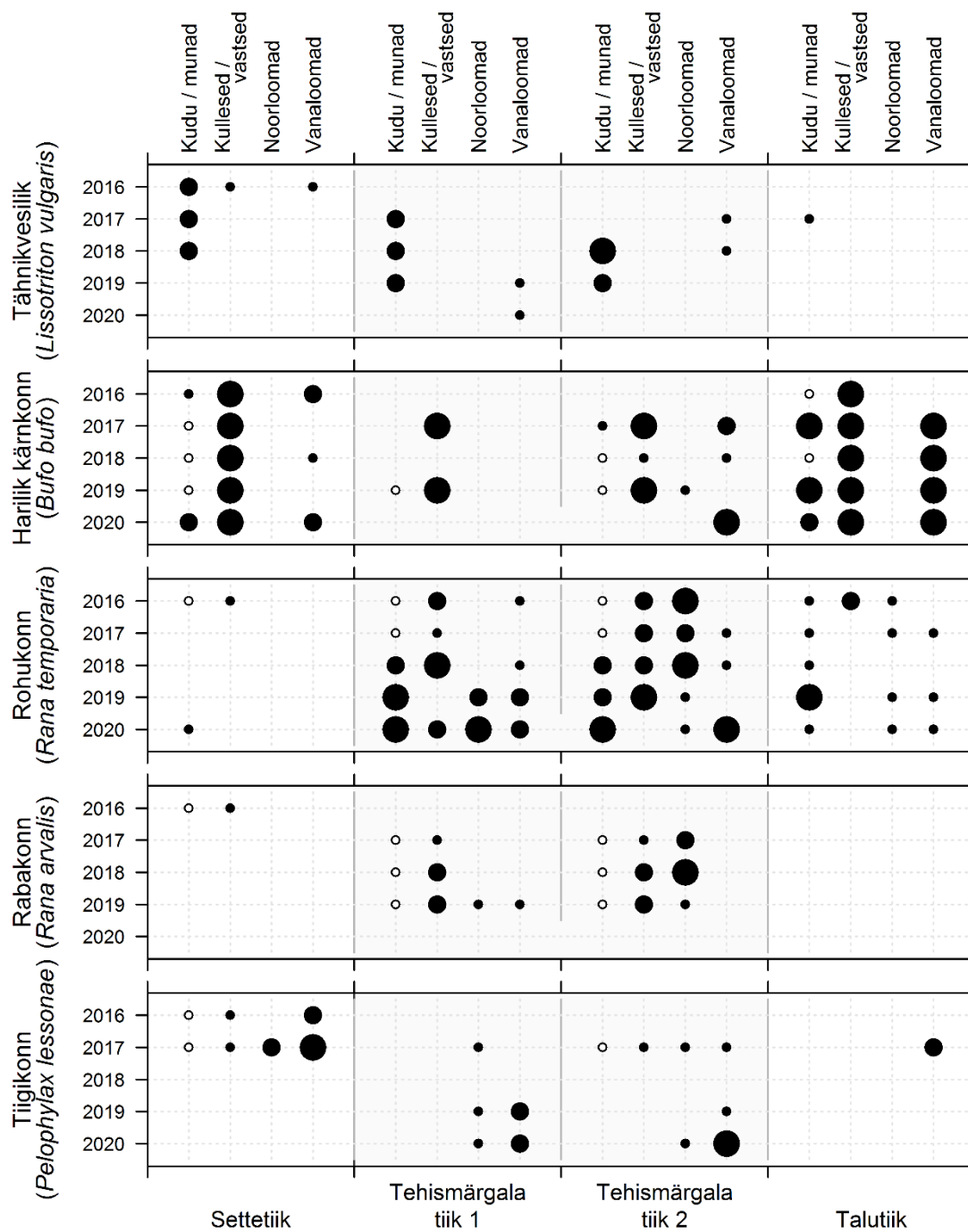
Algsed andmetabelid moodustati MS Excelis, kokkuvõtlik joonis erinevate kahepaiksete liikide erinevate arengujärkude arvukusest aastate ja tiikide kaupa tehti statistika-programmiga R 4.0.3 (R Foundation for Statistical Computing, Viin, Austria).

### **3.2. Tulemused**

Kokku leiti tehismärgala tiikidest ja kahest kontrolltiigist viit liiki kahepaikseid: tähnikvesilikke, harilikke kärnkonna, tiigikonna, rohukonna ja rabakonna. Seejuures toimus vaatlusalal kõigi nende liikide sigimine, kuigi mitte igal aastal ja igas tiigis. Kokkuvõtte viie aasta kahepaiksete seire tulemustest on esitatud joonisel 4.

Sabakonnalistest leidis vaadeldud tiikides ainsana tähnikvesilikku (joonis 5), keda nähti igal aastal mõnes tiigis (joonis 4). Kõige vähem leidis tähnikvesilikke talutiigis, kust leiti ainult üks muna teisel vaatlusaastal. Kindlalt saab väita, et sigimine õnnestus settetiigis, kust leiti nii mune kui vastseid. Mujalt tiikidest vastseid ei leitud. Tehismärgala tiikidesse ilmus tähnikvesilik alates 2017. aastast.

Harilikku kärnkonna leidis nii sette- kui ka talutiigis kõigil aastatel (joonised 4 ja 6). Tehismärgala tiikides liiki esimesel aastal ei leitud, alles hilisematel aastatel toimus kudumine teises tehismärgala tiigis ja aastal 2019 ilmselt ka esimeses tehismärgala tiigis. Esimesest tehismärgala tiigist aastal 2017 vahetult pärast äikesetormi leitud kulleseid olid sinna ilmselt uhutud ülesvoolu asuvast settetiigist. Seda teooriat kinnitab ka kudu mitteleidmine esimesest tehismärgala tiigist sellel aastal.



**Joonis 4.** Seire käigus leitud erinevas arengujärgus kahepaiksed tiikide ja aastate kaupa. Ringide kolm suurusjärku näitavad suhtelist arvukust: kudu  $\geq 10$ ,  $\geq 3$  ja  $> 0$  (tähnikesililik: üksikud munad, teised liigid: kudupallid või -nöörid), kullesed  $\geq 100$ ,  $\geq 10$  ja  $> 0$ , noorloomad  $\geq 50$ ,  $\geq 10$  ja  $> 0$ , ning vanaloomad  $\geq 10$ ,  $\geq 3$  ja  $> 0$ ; väikesed seest tühjad ringid kudu veerus tähistavad aastaid ja tiike ilma tegelike kudu leidudeta, kuid kus kulleste esinemise tõttu oli kudumine eeldatavalt toimunud (välja arvatud hariliku kärnkonna puhul tehismärgala 1. tiigis 2017. aastal, kuhu kullesed kandusid ilmselt settetiigist tugeva äikesetormi ja sellega kaasnenud veevoolu tagajärjel).





**Joonis 5.** Tähnikvesiliku vanaloom püütuna settetiigist 16. juunil 2016. aastal (autori foto).



**Joonis 6.** Hariliku kärnkonna vanaloom talutiigis 7. mail 2017, noorloom teisest tehismärgala tiigist 30. mail 2019 ja kudunöörid talutiigis 27. aprillil 2019 (autori fotod).



Kõige positiivsemalt on tehismärgala rajamine mõjutanud rohukonni, keda leiti kõige arvukamalt just tehistiikidest (joonised 4 ja 7). Esimesest vaatlusaastast peale leiti tehismärgala tiikidest ka eelmise aasta noorloomi, kes võisid olla pärit talutiigist, kus rohukonn hoolimata kalade rohkusest järjekindlalt sigis (joonis 8). Kalarohkes settetiigis aga selle liigi sigimist ei täheldatud. Tiikide kallastelt leiti igal aastal ka mitmeid surnud täiskasvanud rohukonni, kes olid langenud saagiks varestele, närilistele või valgetoonekurgedele.

Rabakonna leiti settetiigist vaid esimesel vaatlusaastal ning alates teisest aastast tehismärgala tiikidest. Viimasel vaatlusaastal rabakonna tehismärgala tiikidest enam ei leitud. Talutiigis rabakonna ei täheldatud.



**Joonis 7.** Rohukonna kullased tehismärgala teises tiigis 27. aprillil 2019 (autori fotod).





**Joonis 8.** Täiskasvanud rohukonn koos kudupallidega talutiigis 27. aprillil 2019 (autori foto).

Tiigikonna oli päriskonnalistest alal kõige vähem. Neid oli ka visuaalselt kõige raskem märgata, kuid iseloomulikud häämitsused andsid nende olemasolust märku. Kui noorloomi ja täiskasvanud isendeid leiti kõigist tiikidest – settetiigist rohkem (joonis 9), talutiigist vähem ja vaid ühel aastal, tehismärgala tiikidest hilisematel aastatel – siis sigimist kinnitavaid kulleseid õnnestus leida vaid kahel esimesel aastal settetiigist ja teisel aastal teisest tehismärgala tiigist (joonis 4). Siiski viitab noorloomade olemasolu hilisematelgi aastatel edukale sigimisele just tehismärgala tiikides.



**Joonis 9.** Täiskasvanud tiigikonn settetiigi ääres 16. juunil 2016 (autori foto).

### **3.3. Diskussioon**

Tehismärgala tiikides leidus enim pruune konni – rohkem rohu- ja vähem rabakonni –, kellele sobisid tehtud tiigid väga, sest neis polnud erinevalt sette- ja talutiigist kalu. Pruunid konnad ei saa kalarikastes veekogudes edukalt sigida, sest nende järglased süüakse lihtsalt ära (Tiberti jt 2019). Tehistiigid on ka laugete kallastega, madalad ja lagedal alal, mis tagab päikesevalguse ligipääsu ning kiirelt soojeneva vee, tehes tiigid sarnaseks looduslike veekogudega, mis sobivad just pruunidele konnadele (Remm jt 2018; Magnus, Rannap 2019).

Harilik kärnkonn oli arvukaim sette- ja talutiigis ning seda hoolimata seal elavatest kaladest (joonis 10). Kuna kärnkonna kullused on erinevalt teistest kohatud kahepaiksetest mürgised, siis kalad neid ei söö (Manteifel, Reshetnikov 2002). See annab harilikule kärnkonnale neis tiikides konkurentsieelise võrreldes teiste kahepaiksetega. Harilik kärnkonn sigib eriilmelistes veekogudes, mistõttu oli teda leida ka tehismärgala tiikides.

Tiigikonn võib samuti sigida kaladega veekogudes, sest ta kullused on võimelised oma välimust ja käitumist vastavalt keskkonnale muutma (Teplitsky 2003), tehes kiskjatele enda kättesaamise raskemaks. Siiski, kui seire esimestel aastatel leiti tiigikonna suures kaladega

settetiigis, siis edasistel aastatel vaid tehismärgala tiikides. See võib viidata, et kui tiigikonnal on valida, siis ta eelistab kalavabu veekogusid.



**Joonis 10.** Kalad talutiigis (autori foto).

Tähnikesilikku leidis kõikides vaadeldud tiikides, sest vastsed hoiduvad veekogudes tihedama taimestikuga aladesse, tehes enda märkamise kaladele raskemaks (Hagström 1979). Tehismärgala tiikidesse sigima jõudis tähnikesilik teisel aastal, kuna selleks ajaks oli nendes tiikides piisavalt munade pakkimiseks vajalikku taimestikku, mida esimesel aastal veel polnud.

Tehismärgala tiikides vohama hakanud taimestik (tabel 1 ja joonis 11) aitab täita tehismärgala peamist eesmärki põllumajandusreostuse ja toitainete vähendamisel, kuid pole hea kahepaiksetele, kuna muudab tiigid sigimispaijana ebasoodsaks. Veepinnal kasvavad vetikad varjavad päikesevalguse ning tarbivad palju hapnikku, mistõttu võib ülejäänud veekogu jääda hapnikunälga (Kasak 2017).



**Tabel 1.** Taimestiku katvus tehismärgala tiikides septembris (andmed Rannap jt 2020: 6)

Aasta	Tehismärgala tiik 1	Tehismärgala tiik 2
2016	30,0%	1,0%
2017	41,0%	2,5%
2018	52,0%	10,5%
2019	66,3%	49,5%



**Joonis 11.** Vända kraavi tehismärgala (A) tiik 1 ehk ülemine tiik ja (B) tiik 2 ehk alumine tiik 2016. ja 2019. aasta mais (autori fotod).

Samuti võib tehismärgala tiikides akumulatuur reostus muuta erinevate saasteainete kontsentratsiooni vees kahepaiksetele liiga kõrgeks. Näiteks on teada, et juba 10 mg nitraatiooni lämmastikku ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) ühes liitris vees on enamuse kahepaiksetele mürgine, kuigi ka madalam kontsentratsioon võib olla kahjulik ning seega on mõnes uuringus sobivaks maksimumpiiriks võetud  $2 \text{ mg L}^{-1}$  (Marco jt 1999). Sette- ja tehismärgala tiikidest Tartu Ülikooli ökoloogia ja maateaduste instituudi teadlaste poolt võetud proovid näitasid kolme mõõtmisaasta keskmiseks nitraadi sisalduseks iga kord alla  $10 \text{ mg L}^{-1}$  (Rannap jt 2020). Küll aga oli teise tehismärgala tiigi kolme aasta mõõtmiste maksimaalne nitraadisaldus  $14.2 \text{ mg L}^{-1}$  (Rannap jt 2020). Seega võivad tiigid kahepaiksetele peagi elamiskõlbmatuks muutuda. Esimeseks märgiks selle kohta võib pidada rabakonnade sigimise lõppemist tehismärgala tiikides viimasel seireaastal, kuid selle väite kinnituseks tuleb veekogude edasist seiret kindlasti jätkata. Teised nitraadiühendid, nagu nitrit ja ammonium ( $\text{NO}_2\text{-N}$  ja  $\text{NH}_4\text{-N}$ ) on kahepaiksetele veelgi mürgisemad ning ohutu kogus vees oleks alla  $1 \text{ mg L}^{-1}$  (Marco jt 1999), kuid nende kõrgeimad mõõdetud kogused vees jäid õnneks alla  $0.15 \text{ mg L}^{-1}$  (Rannap jt 2020). Uuriti ka fosfaate, mille sisaldus vees ei tohiks olla üle  $10 \text{ mg L}^{-1}$ , et mitte kahepaiksetele ohtlikuks muutuda (Odum, Zippel 2008). Mõõdetud tulemused olid palju madalamad ning ei ületanud  $0.25 \text{ mg L}^{-1}$  (Rannap jt 2020).

Üks põhjusi, miks tehismärgala tiigid kahepaiksetele sigimisveekogudeks sobivad, võib tuleneda ka veerežiimi ja reostuskoormise aastasisesest dünaamikast. Aastal 2009 Hispaanias läbi viidud uuringus (Canals jt 2011) leiti, et suurem liigirikkus suveks kõige halvema veekvaliteediga veekogudes võib olla tingitud sellest, et kahepaiksete jaoks olulistel kevadkuudel oli veekvaliteet veel piisavalt hea. Analoogselt võib arutleda ka Vända kraavi tehismärgala tiikide puhul, sest vee läbivool on neis suurim just nimelt märtsist maini ning vee fosfori ja lämmastiku sisaldus on neil kuudel madalam, kui suvel (Kill jt 2019). Siiski on aastate vaheline varieeruvus suur ning järjest kuhjuva reostuse ja toitainete tingimustes võib Vända kraavi tehismärgala muutuda kahepaiksetele mitesobivaks. Selleks, et Vända kraavi tehismärgala sobiks ka edaspidi kahepaiksetele elu- ja sigimispaiaks, peaks sealt eemaldama setteid ja taimestikku. Seda tuleks teha sügisel või hiljem, sest selleks ajaks on kahepaiksed läbinud metamorfoosi ja veekogust lahkunud (Rannap jt 2020).

## KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk oli uurida, kas Tartumaale Uhti külla Vända kraavile rajatud Eesti esimene põllumajandusreostuse piiramiseks loodud tehismärgala sobib elu- ja sigimispaiaks kahepaiksetele.

Töö kirjanduse osas anti ülevaade tehismärgaladest meil ja mujal maailmas ning toodi näiteid erinevat tüüpi tehismärgalade mõjust elusloodusele. Edasi kirjeldati täpsemalt 2015. aastal valminud Vända kraavi tehismärgala: rajamise protsessi, eesmärki ja toimimist. Vända kraavi tehismärgala koosneb kolmest veekogust: sügavamast settetiigist ja kahest madalast sopilisest tiigist. Lisaks võeti vaatluse alla lähedalasuvast metsatukas olev nn talutiik. Töö teises peatükis räägiti lähemalt Eestis elavatest kahepaiksetest.

Valmimisele järgnenud viie aasta (2016-2020) kevadel ja varasuvel viidi Vända kraavi tehismärgalal ja lähedal asuvas talutiigis läbi kahepaiksete transektloendus, kus loeti kokku kõik nähtud kahepaiksed erinevates arengustaadiumites. Igal aastal toimus esimene seire kevadel ilmade soojenedes ning viimane suvel pärast kahepaiksete moondeperioodi lõppu. Enne kulleste koorumist toimus iga tiigi juures kudu ja vanaloomade vaatlus, pärast kulleste koorumist ka kahvati igas tiigis 15 minutit. Kõik märgatud kahepaiksed määrati, loendati ja registreeriti.

Uuringust ilmnas, et Tartumaale Uhti Vända kraavile põllumajandusreostuse piiramiseks rajatud tehismärgala tiigid sobivad elu- ja sigimiskeskkonnaks mitmetele kahepaiksete liikidele. Tehismärgala tiikide plussid kahepaiksete mätta otsast vaadatuna on järgmised: tegu on madalaveeliste, aga täielikult mitte ära kuivavate, päikesele avatud ja seeläbi kiirelt soojeneva veega rohke taimestikuga kalavabade veekogudega. Potentsiaalsed miinused, mis viie tehismärgala valmimise järgse aasta jooksul veel täielikult ei ilmnunud, on tänu toitainete rohkusele liigselt vohama hakkav taimestik ning kuhjuvast põllumajandusreostusest tulenev kahepaiksete elukeskkonnale sobimatu veekeemia. Selleks, et tehismärgala ka edaspidi kahepaiksetele elu- ja sigimispaiaks jääks, tuleb sealt aeg-ajalt eemaldada setteid ja taimestikku.

## KASUTATUD KIRJANDUS

- Adrados, L. C., Rannap, R., Briggs, L.** (2010). Eesti kahepaiksete välimääraja. Tallinn. 47 lk.
- Eestimaa Looduse Fond. (2021). Vända tehismärgala rajamine. [veebileht] <https://elfond.ee/tehtud/margalad/vanda-tehismargala-rajamine> (21.04.2021).
- Eesti selgroogsed. (2021). Õppematerjal on valminud Tartu Ülikooli MRI Loodusteaduste didaktika lektoraadis. [veebileht] <http://bio.edu.ee/loomad/> (21.05.2021).
- Canals, R. M., Ferrer, V., Iriarte, A., Cárcamo, S., San Emeterio, L., Villanueva, E.** (2011). Emerging conflicts for the environmental use of water in high-valuable rangelands. Can livestock water ponds be managed as artificial wetlands for amphibians? – *Ecological Engineering*. Nr 37, lk 1443-1452.
- Drayer, A. N., Richter, S. C.** (2016). Physical wetland characteristics influence amphibian community composition differently in constructed wetlands and natural wetlands. – *Ecological Engineering*. Nr 93, lk 166-174.
- Hagström, T.** (1979). Population ecology of *Triturus cristatus* and *T. vulgaris* (Urodela) in SW Sweden. – *Holarctic Ecology*. Nr 2(2), lk 108-114.
- Kasak, K.** (2017). Nutikas moodus puhastada vett: tehismärgala. – *Eesti Loodus*. Nr 4/2017, lk 24-27.
- Kasak, K., Kill, K., Pärn, J., Mander, Ü.** (2018). Efficiency of a newly established in-stream constructed wetland treating diffuse agricultural pollution. – *Ecological Engineering*. Nr 119, lk 1-7.
- Kill, K., Lust, R., Mander, Ü., Kasak, K.** (2019). Põllumajandusliku hajukoormuse vähendamine avaveelise tehismärgala abil. – *Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis*. Nr 113, lk 330-343. Tartu: Tartu Ülikooli kirjastus.
- Knudson, M. G., Richardson, W. B., Reineke, D. M., Gray, B. R., Parmelee, J. R., Weick, S. E.** (2004). Agricultural ponds support amphibian populations. – *Ecol. Appl.* Nr 14, lk 669-684.
- Li, Q., Long, Z., Wang, H., Zhang, G.** (2021). Functions of constructed wetland animals in water environment protection – A critical review. – *Science of The Total Environment*. Nr 760, lk 1-12.
- Magnus, R., Rannap, R.** (2019). Pond construction for threatened amphibians is an important conservation tool, even in landscapes with extant natural water bodies. – *Wetlands Ecology and Management*. Nr 27, lk 323-341.

- Manteifel, Y. B., Reshetnikov, A. N.** (2002). Avoidance of noxious tadpole prey by fish and invertebrate predators: adaptivity of a chemical defence may depend on predator feeding habits. – *Archiv für Hydrobiologie*. Nr 153, lk 657-668.
- Marco, A., Quilchano, C., Blaustein, A. R.** (1999). Sensitivity to nitrate and nitrite in pond-breeding amphibians from the Pacific Northwest, USA. – *Environmental Toxicology and Chemistry*. Nr 18, lk 2836-2839.
- Myers, N.** (1997). The rich diversity of biodiversity issues. – *Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Biological Resources*. Washington, DC: Joseph Henry Press. Lk 125-138.
- Mistch, W. J., Zhang, L., Anderson, C. J., Altor, A. E., Hernandez, M. E.** (2005). Creating riverine wetlands: ecological succession, nutrient retention, and pulsing effects. – *Ecological Engineering*. Nr 25, lk 510-527.
- Odum, R. A., Zippel, K. C.** (2008). Amphibian water quality: approaches to an essential environmental parameter. – *International Zoo Yearbook*. Nr 42, lk 40-52.
- Oopkaup, K.** (2018). Microbial community and its relationship with pollutant removal in treatment wetlands. Doktoritöö. Tartu Ülikooli ökoloogia ja maateaduste instituut. Tartu. 65 lk.
- Rannap, R., Lõhmus, A., Briggs, L.** (2009). Restoring ponds for amphibians: a success story. – *Hydrobiology*. Nr 634, lk 87-95.
- Rannap, R., Kaart, M. M., Kaart, T., Kill, K., Uemaa, E., Mander, Ü., Kasak, K.** (2020). Constructed wetlands as potential breeding sites for amphibians in agricultural landscapes: A case study. – *Ecological Engineering*. Nr 158, lk 1-9.
- Remm, L., Vaikre, M., Rannap, R., Kohv, M.** (2018). Amphibians in drained forest landscapes: Conservation opportunities for commercial forests and protected sites – *Forest Ecology and Management*. Nr 428, lk 87-92.
- Remm, L., Lõhmus, A., Leibak, E., Kohv, M., Salm, J.-O., Lõhmus, P., Rosenvald, R., Runnel, K., Vellak, K., Rannap, R.** (2019). Restoration dilemmas between future ecosystem and current species values: The concept and a practical approach in Estonian mires. – *Journal of Environmental Management*. Nr 250, lk 1-8.
- Saar, V.** (2018). Soode taastamine aitab säilitada meie elukeskkonda. *Postimees (Maa Elu)*, 3.09.2018. <https://maaelu.postimees.ee/6246494/soode-taastamine-aitab-sailitada-meie-elukeskkonda> (30.04.2021).
- Shuford, W. D., Page, G. W., Kjelson, J. E.** (1998). Patterns and Dynamics of Shorebird Use of California's Central Valley. – *The Condor*. Nr 100, lk 227-244.
- Schaffer, N., Walther, B., Gutteridge, K., Rahbek, C.** (2006). The African migration and wintering grounds of the Aquatic Warbler *Acrocephalus paludicola*. – *Bird Conservation International*. Nr 16, lk 33-56.
- Soomets, E., Vaikre, M., Rannap, R., Remm, L.** (2019). Leevendusveekogude rajamine metsa aitab kahepaikseid. – *Eesti Mets*. Nr 2/2019, lk 38-43.



- Suislepp, K., Rannap, R., Lõhmus, A.** (2011). Impacts of artificial drainage on amphibian breeding sites in hemiboreal forests. – *Forest Ecology and Management*. Nr 262, lk 1078-1083.
- Teplitsky, C.** (2003). Tadpole's responses to risk of fish introduction. – *Oecologia*. Nr 134, lk 270-277.
- Tiberti, T., Bogliani, G., Brighenti, S., Iacobuzio, R., Liautaud, K., Rolla, M., Von Hardenberg, A., Bassano, B.** (2019). Recovery of high mountain Alpine lakes after the eradication of introduced brook trout *Salvelinius fontinalis* using non-chemical methods. – *Biological Invasions*. Nr 12, lk 875-894.
- Vymazal, J.** (2010). Enhancing ecosystem services on the landscape with created, constructed and restored wetlands. – *Ecological Engineering*. Nr 37, lk 1-5.

**LISAD**

## Lisa 1. Arvulised algandmed

**Lisatabel 1.** Tähnikvesiliku leiud

Tiik / aasta	Munad	Vastsed	Täiskasvanud
<b>Settetiik</b>			
2016	4	3	1
2017	6	0	0
2018	6	0	0
2019	0	0	0
2020	0	0	0
<b>Tehismärgala tiik 1</b>			
2016	0	0	0
2017	6	0	0
2018	9	0	0
2019	3	0	1
2020	0	0	1
<b>Tehismärgala tiik 2</b>			
2016	0	0	0
2017	0	0	1
2018	12	0	1
2019	3	0	0
2020	0	0	0
<b>Talutiik</b>			
2016	0	0	0
2017	1	0	0
2018	0	0	0
2019	0	0	0
2020	0	0	0

**Lisatabel 2. Hariliku kärnkonna leiud**

Tiik / aasta	Kudu	Kullesed	Noorloomad	Täiskasvanud
<b>Settetiik</b>				
2016	2	>150	0	3
2017	0	>500	0	0
2018	0	>300	0	1
2019	0	>300	0	0
2020	7	>100	0	3
<b>Tehismärgala tiik 1</b>				
2016	0	0	0	0
2017	0	>100	0	0
2018	0	0	0	0
2019	0	>300	0	0
2020	0	0	0	0
<b>Tehismärgala tiik 2</b>				
2016	0	0	0	0
2017	1	>200	0	3
2018	0	1	0	1
2019	0	>300	3	0
2020	0	0	0	12
<b>Talutiik</b>				
2016	0	>250	0	0
2017	11	>500	0	44
2018	0	>200	0	40
2019	41	>200	0	0
2020	3	>300	0	20

**Lisatabel 3. Tiigikonna leiud**

Tiik / aasta	Kudu	Kullesed	Noorloomad	Täiskasvanud
<b>Settetiik</b>				
2016	0	1	0	3
2017	0	1	10	10
2018	0	0	0	0
2019	0	0	0	0
2020	0	0	0	0
<b>Tehismärgala tiik 1</b>				
2016	0	0	0	0
2017	0	0	1	0
2018	0	0	0	0
2019	0	0	2	4
2020	0	0	5	7
<b>Tehismärgala tiik 2</b>				
2016	0	0	0	0
2017	0	3	3	2
2018	0	0	0	0
2019	0	0	0	1
2020	0	0	5	15
<b>Talutiik</b>				
2016	0	0	0	0
2017	0	0	0	4
2018	0	0	0	0
2019	0	0	0	0
2020	0	0	0	0

**Lisatabel 4. Rohukonna leiud**

Tiik / aasta	Kudu	Kullesed	Noorloomad	Täiskasvanud
<b>Settetiik</b>				
2016	0	0	0	0
2017	0	0	0	0
2018	0	0	0	0
2019	0	0	0	0
2020	0	0	0	0
<b>Tehismärgala tiik 1</b>				
2016	0	21	0	1
2017	0	1	0	0
2018	3	>200	0	1
2019	0	0	10	5
2020	10	>50	>100	6
<b>Tehismärgala tiik 2</b>				
2016	0	>50	>50	0
2017	0	15	20	2
2018	6	>30	>100	1
2019	0	10	2	0
2020	>40	0	1	16
<b>Talutiik</b>				
2016	1	1	>50	0
2017	2	2	0	2
2018	1	1	0	0
2019	13	10	1	1
2020	1	1	0	2

**Lisatabel 5. Rabakonna leiud**

Tiik / aasta	Kudu	Kullesed	Noorloomad	Täiskasvanud
<b>Settetiik</b>				
2016	0	1	0	0
2017	0	0	0	0
2018	0	0	0	0
2019	0	0	0	0
2020	0	0	0	0
<b>Tehismärgala tiik 1</b>				
2016	0	0	0	0
2017	0	1	0	0
2018	0	>60	0	0
2019	0	30	2	1
2020	0	0	0	0
<b>Tehismärgala tiik 2</b>				
2016	0	0	0	0
2017	0	3	10	0
2018	0	>40	>100	0
2019	0	10	2	0
2020	0	0	0	0
<b>Talutiik</b>				
2016	0	0	0	0
2017	0	0	0	0
2018	0	0	0	0
2019	0	0	0	0
2020	0	0	0	0

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks  
ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Marta Margaret Kaart,  
(sünnipäev 30/09/1996)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö Vända tehismärgala kahepaiksed, mille juhendaja on Riinu Rannap ja Tanel Kaart,
  - 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
  - 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
  - 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemisekskuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor                      */allkirjastatud digitaalselt/*

Tartu, 23.05.2021

---

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

Riinu Rannap */allkirjastatud digitaalselt/*

\_\_\_\_\_  
(kuupäev)

Tanel Kaart */allkirjastatud digitaalselt/*

\_\_\_\_\_  
(kuupäev)